

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ РАЗНЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

*Евсеевкова А.М., Беззапонная О.В.*

Уральский институт ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, Россия

[Annaevseenkova789@gmail.com](mailto:Annaevseenkova789@gmail.com), [bezzaponnay@mail.ru](mailto:bezzaponnay@mail.ru)

**Аннотация.** В результате исследований определены закономерности термоокислительной деструкции древесины разных пород, а также показатели их пожарной опасности. Результаты исследований показали, что наибольшей пожарной опасностью среди исследуемых пород древесины характеризуется липа (обладает наименьшими значениями температур воспламенения и самовоспламенения и наибольшей теплотой сгорания). Объяснением этому может служить низкая плотность и высокая пористость древесины данной породы.

**Ключевые слова:** термический анализ, древесина, потеря массы, термоокислительная деструкция древесины.

## STUDY OF THERMO-OXIDATIVE DESTRUCTION OF DIFFERENT WOOD SPECIES BY THERMAL ANALYSIS METHODS

*Evseenkova A.M., Bezaponnaya O.V.*

Ural Institute of State Fire Service EMERCOM of Russia, Yekaterinburg, Russia

**Abstract.** As a result of the research, the regularities of thermo-oxidative destruction of wood of different species, as well as indicators of their fire hazard, have been determined. The research results showed that the linden tree is characterized by the greatest fire hazard among the investigated wood species (it has the lowest values of ignition and self-ignition temperatures and the highest heat of combustion). This can be explained by the low density and high porosity of this wood species.

**Key words:** thermal analysis, wood, weight loss, thermal oxidative destruction of wood.

Анализ пожаров в зданиях с применением деревянных конструкций, отделочных и облицовочных древесных материалов свидетельствует о том, что пожарная опасность обусловлена высокой интенсивностью тепловыделения при горении древесины и как следствие – ускоренной динамикой развития пожара, быстрым наступлением критических значений, опасных для человека, факторов пожара и возникновением условий для общей вспышки.

Несмотря на большой объём публикаций по исследованию закономерностей пиролиза и термоокислительной деструкции древесины [1-2], приводимая информация чаще всего представлена без учёта влияния химического состава разных пород древесины на физико-химические и теплофизические характеристики, определяющие её свойства и поведение на пожаре. Авторы работ по исследованию закономерностей термоокислительной деструкции древесины отмечают, что зачастую трудно сравнить (сопоставить) полученные результаты из-за отсутствия информации о породе древесины и какого-либо описания её характеристик (влажности, химического состава, среды исследования). В связи с этим актуальны исследования по определению физико-химических характеристик различных пород древесины, включая показатели их пожарной опасности. Исследовались следующие породы древесины: сосна, берёза, липа, ольха, лиственница.

Исследования проводились методом синхронного термического анализа (СТА) на приборе STA 449 F 5 Jupiter «Netzsch» (Германия). Термоанализатор (рис. 1) представляет собой измерительный комплекс, в котором объединены функции дифференциального сканирующего калориметра и высокочувствительных аналитических весов.



Рисунок 1 – Прибор синхронного термического анализа  
Netzsch STA 449 F5 Jupiter®

Условия проведения испытаний образцов древесины различных пород приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Условия проведения испытаний

Условия испытаний	Используемый метод (модуль)	
	ТГ	ДСК
Термопара (материал)	S типа (Pt/PtRh)	
Тигель (материал, объем)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (85 мкл)	

Масса образца, мг	5÷6 мг
Форма образца	Опилки в дисперсном состоянии
Атмосфера	воздух
Расход газа, мл/мин	75
Скорость нагрева, °С/мин	20
Конечная температура нагрева, °С	900

По полученным термограммам с помощью программного обеспечения Proteus Thermal Analysis были определены следующие термоаналитические характеристики:

- температуры ( $T$ , °С) при потере массы 40 %;
- потеря массы ( $\Delta m_t$ , %) при фиксированном значении температуры 300 °С и 500 ° (ДСК максимумов);
- зольный остаток, % при температуре 700 °С (температуре окончания процесса термического разложения и горения древесины);
- значения температур при максимумах скорости потери массы (ДТГ-максимумов);
- температуры максимумов тепловых эффектов, ( $T$ , °С),
- суммарный тепловой эффект (определялся по ДСК-кривым).

Термограммы образцов древесины различных пород представлены на рисунке 2 (а-е).

Анализ термогравиметрической (ТГ) кривой на представленных термограммах свидетельствует о 3-х стадийном процессе термолиза образцов древесины (с тремя ступенями на ТГ кривой) и тремя ДТГ пиками (на ДТГ кривой). Наиболее выраженный ДТГ пик наблюдается в интервале 25÷400 °С и свидетельствует об интенсивном протекании процесса пиролиза древесины, сопровождающегося интенсивной потерей массы. Максимум третьего ДТГ пика свидетельствует о выгорании конденсированных ароматических структур древесины.

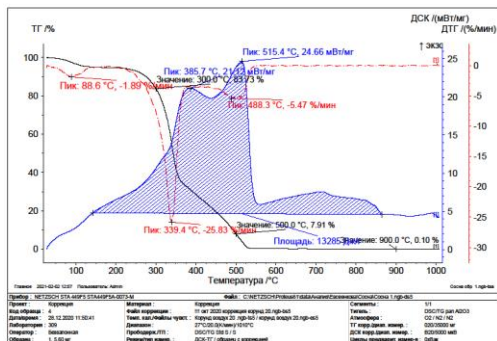
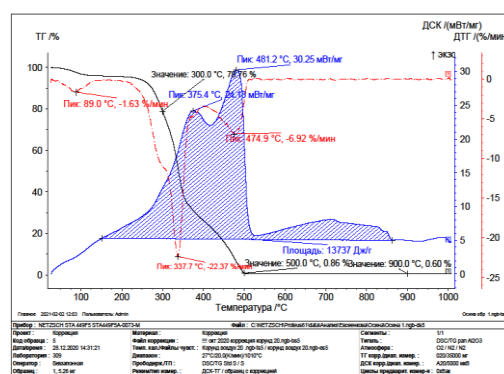
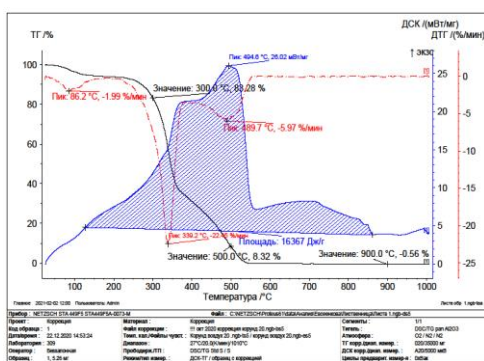
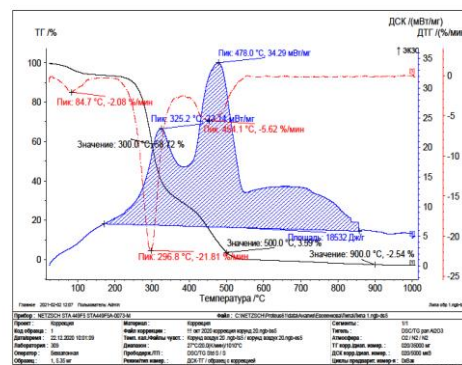
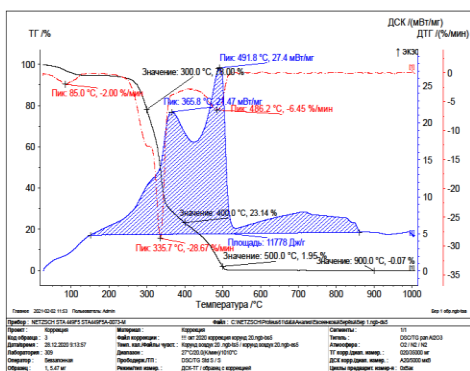


Рисунок 2 – Термограммы образцов древесины различных пород

Термоаналитические характеристики, полученные с использованием программного обеспечения Proteus Thermal Analysis приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты термогравиметрического анализа древесины различных пород

Вид древесины	Зольный остаток (%) при температуре 900°С	Потери массы (%) при:	
		300°С	500°С
Берёза	0,07	22,00	98,05
Лиственница	0,56	16,72	91,68

Осина	0,60	21,24	99,14
Сосна	0,10	16,27	92,09
Липа	2,54	41,28	96,41

Анализ представленных результатов свидетельствует о том, что наименьшими значениями потери массы при температурах 300 °С и 500 °С и соответственно наибольшей термостойкостью по данным термоаналитическим характеристикам характеризуются сосна и лиственница, а наибольшей потерей массы – липа. При этом наибольшим зольным остатком также характеризуется липа, наименьшим – берёза. Значения температур потери массы 300 °С и 500 °С были выбраны не случайно, так как именно при этих температурах наблюдаются максимумы экзотермических ДСК пиков. Результаты дифференциального термогравиметрического анализа древесины различных пород приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты дифференциального термогравиметрического анализа древесины различных пород

Вид древесины	Температура ДТГ пиков, °С)			Скорость потери массы по ДТГ пикам (%/мин) соответственно		
Берёза	85,0	335,7	486,2	2,00	28,67	6,45
Лиственница	86,2	339,2	489,7	1,99	22,45	5,97
Осина	89,0	337,7	474,9	1,63	22,37	6,92
Сосна	88,6	339,4	488,3	1,89	25,83	5,47
Липа	84,7	296,8	454,1	2,08	21,81	5,62

Результаты анализа ДТГ кривых свидетельствуют о том, что максимумы потери массы всех трёх ДТГ пиков наступают при меньших температурах у липы, что свидетельствует о лучшей возгораемости этой породы древесины. Самой высокой скоростью потери массы отличается берёза, т.е. данная порода быстрее горит и характеризуется высокой теплотворной способностью. Показатели пожарной опасности (температура воспламенения, температура самовоспламенения) приведены в работе автора [3].

### Библиографический список

1. Серков Б.Б., Асеева Р.М., Сивенков А.Б. Физико-химические основы горения и пожарная опасность древесины // Технологии техносферной безопасности. 2011. №6(40). С. 1-18.
2. Кузнецова М.С. Пожароопасные свойства древесины // «Научно-практический электронный журнал Аллея Науки» 2018. №7(23) – 5 с.

3. Беззапонная О.В., Красильникова М.А., Евсеенкова А.М., Глухих П.А., Макаркин С.В. Исследование пожарной опасности древесины различных пород методами термического анализа // Техносферная безопасность 2021. №3(32). – С. 43-50.